

Proposal Tugas Akhir

Pengembangan Sistem Estimasi Deforestasi Lahan Gambut Akibat Kebakaran Menggunakan *Framework Shiny*

NOER WIDYA HERLAMBAANG (G64150105)*, IMAS SUKAESIH SITANGGANG

ABSTRAK

Kebakaran merupakan salah satu faktor penyebab deforestasi lahan gambut. Pembakaran lahan gambut dapat menjadi awal kegiatan pembukaan lahan baru untuk alih fungsi lahan atau dikenal dengan *Land Use, Land Use Change and Forestry* (LULUCF). Pendekatan teknik *spatio-temporal data mining* dapat digunakan untuk melakukan estimasi luas lahan gambut yang mengalami deforestasi dan keterkaitannya dengan kebakaran lahan yang terjadi. Penelitian sebelumnya telah melakukan perbandingan hasil klasifikasi dua citra Landsat 8 guna mengestimasi perubahan tutupan lahan gambut yang terjadi serta analisis keterkaitan kebakaran lahan dengan perubahan tutupan lahan yang terjadi. Penelitian ini berfokus untuk mengembangkan sistem yang mengotomasi proses estimasi deforestasi lahan gambut akibat kebakaran menggunakan *framework Shiny* pada pemrograman berbahasa R. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data citra Landsat 8 Provinsi Riau dari tahun 2014 hingga 2016. Sistem ini akan dikembangkan menggunakan metode *Adaptive Software Development* (ASD). Dengan adanya sistem otomatisasi estimasi deforestasi lahan gambut akibat kebakaran, diharapkan proses estimasi tingkat deforestasi pada lahan gambut dan keterkaitannya dengan kebakaran hutan dapat dilakukan dengan mudah.

Kata Kunci: *adaptive software development, LULUCF, R, Shiny, spatio-temporal data mining.*

ABSTRACT

Wildfire is one of the causes of peatlands deforestation. Wildfire could have occurred at the beginning of land clearing activities for land conversion known as Land Use, Land Use Change and Forestry (LULUCF). Spatio-temporal data mining technique approach can be used for estimation of deforested peatland area and its association with the wildfire. Previous research has done to compare two classified Landsat 8 images in order to estimate land cover change that takes place. This research's focus is to develop an application to automate peatland deforestation estimation because of wildfire using Shiny framework with R programming language. The data that used for this research are Landsat 8 images of Riau Province from 2014 to 2016. The system will be developed using Adaptive Software Development (ASD) method. With the automation system in estimating deforestation of peatlands due to fires, the proses of estimating deforestation levels of peatlands and its relation to wildfire can easily be done.

Keywords: adaptive software development, LULUCF, R, Shiny, spatio-temporal data mining.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tanah gambut (histosis) adalah tanah yang jenuh air dan tersusun dari bahan organik sisa tanaman yang memiliki ketebalan 50 cm atau lebih (Noor dan Heyde 2007). Lahan gambut memiliki banyak fungsi bagi manusia dan ekosistem disekitarnya. Lahan gambut memiliki fungsi sebagai serapan air hujan, pencegah banjir dan penjamin pasokan air sepanjang tahun. Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki lahan gambut yang luas. Menurut data *Indonesian National Carbon Accounting System* (INCAS) pada tahun 2011 Indonesia memiliki luas lahan gambut sebesar 14.8 juta hektar. Lahan gambut yang terdapat di Indoneisa sebagian besar tersebar di Pulau Sumatra, Kalimantan dan Papua. Namun, lahan gambut yang luas tersebut semakin berkurang tiap tahunnya akibat deforestasi lahan gambut. Menurut data pengamatan *Forest Watch Indonesia* (FWI) pada periode 2009 – 2013 Indonesia kehilangan hutan akibat deforestasi seluas 1.13 juta hektar setiap tahunnya. Dengan kata lain, Indonesia kehilangan luas hutan sebesar tiga lapangan sepakbola setiap menit.

Salah satu penyebab deforestasi lahan gambut adalah kebakaran. Hampir seluruh penyebab terjadinya kebakaran lahan gambut adalah manusia yang secara sengaja maupun tidak membakar vegetasi yang ada di hutan (Wibisono dan Siboro 2005). Salah satu tujuan pembakaran lahan dengan sengaja adalah untuk pembukaan lahan baru. Pembukaan lahan baru dengan cara membakar hutan relatif lebih murah dibandingkan pembukaan lahan dengan cara lain (Pinem 2016). Selain pembakaran hutan oleh penduduk, Kemarau yang berkepanjangan dan curah hujan yang minim menjadi faktor pendukung terjadinya kebakaran hutan. Kondisi tersbut biasa terjadi pada bulan Oktober hingga November.

Kebakaran hutan sangat merugikan manusia dan lingkungan. Kebakaran hutan dapat mengganggu kesehatan dan aktivitas manusia. Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), polutan kebakaran hutan mengandung *particulat matter* (PM), karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), sulfur dioksida (SO₂), dan Ozon (O₃). Polutan tersebut dapat menyebabkan gangguan pernafasan, menimbulkan asma, menurunkan fungsi kerja paru-paru, hingga memicu kematian bayi dan janin. Pada tahun 2014, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mencatat kerugian yang dialami Provinsi Riau akibat kebakaran hutan mencapai 15 Triliun rupiah dan sekolah terpaksa tutup selama satu minggu. Selain itu, BNPB mencatat, jumlah lahan yang terbakar di Riau pada tahun 2014 meliputi dua ribu hektar cagar biosfer dan dua ribu hektar lahan terbakar. Selain itu, 58 ribu orang terserang Infeksi Saluran Pernafasan Atas (ISPA).

Penelitian estimasi deforestasi lahan gambut akibat kebakaran telah dilakukan oleh Sofiana (2018). Penelitian tersebut mengaitkan deforestasi lahan gambut dengan insiden kebakaran hutan yang terjadi. Penelitian tersebut menggunakan data citra Landsat 8 periode 2014 hingga 2016. Proses klasifikasi dilakukan terhadap ketiga buah citra tersebut menggunakan algoritma pohon keputusan C5.0 dengan *spectral band* sebagai variabel penjelas yang digunakan. Kemudian, hasil klasifikasi citra periode 2014 dan 2016 digunakan untuk analisis perubahan tutupan lahan dengan cara melakukan perbandingan berbasis *pixel*. Area yang terdeteksi mengalami perubahan kemudian dievaluasi terhadap kebakaran yang terjadi. Sekuens titik panas yang terjadi di tahun 2015 akan diplot pada hasil klasifikasi citra tahun 2015. Estimasi luas deforestasi dilakukan menggunakan teknik *spatio-temporal data mining*.

Pada praktiknya, estimasi perubahan tutupan lahan gambut akibat kebakaran melibatkan perhitungan yang kompleks dan pengolahan data yang besar. Merujuk pada penelitian Sofiana (2018) proses perhitungan yang dilakukan adalah klasifikasi citra, uji separabilitas, uji akurasi model klasifikasi, deteksi perubahan tutupan lahan hingga analisis

keterhubungan perubahan tutupan lahan dengan kejadian kebakaran. Selain itu, data citra Landsat 8 yang diolah memiliki ukuran yang cukup besar. Oleh sebab itu, pembuatan sistem yang mengotomasi segala proses perhitungan tersebut diperlukan agar proses estimasi deforestasi lahan gambut akibat kebakaran dapat dilakukan dengan mudah.

Penelitian ini akan mengimplementasikan penelitian Sofiana (2018) ke dalam sebuah sistem. Sistem yang dibuat menggunakan bahasa pemrograman R dan dikembangkan menggunakan kerangka kerja Shiny. Sistem ini akan memberi keluaran berupa tabel dan sebuah citra yang membandingkan dua buah citra muka bumi. Penelitian ini diharapkan dapat memudahkan pihak terkait dalam menganalisis deforestasi lahan gambut akibat kebakaran.

Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana membangun sistem estimasi deforestasi lahan gambut akibat kebakaran berdasarkan hasil penelitian Sofiana (2018) menggunakan bahasa pemrograman R dan kerangka kerja Shiny agar estimasi tingkat deforestasi pada lahan gambut dan keterkaitannya dengan kebakaran hutan dapat dilakukan dengan mudah.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah membangun aplikasi web untuk mengotomasi proses estimasi deforestasi lahan gambut akibat kebakaran menggunakan *framework* Shiny.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat membantu pengguna dalam proses estimasi deforestasi lahan gambut akibat kebakaran yang berguna dalam penentuan kebijakan oleh *stakeholder* kedepannya

Ruang Lingkup Penelitian

Lingkup dari penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian ini mengimplementasi proses perhitungan estimasi deforestasi lahan gambut akibat kebakaran hutan dan lahan berdasarkan penelitian Sofiana (2018).
2. Citra yang digunakan untuk membangun sistem adalah Citra Landsat 8 di Provinsi Riau dan Jambi yang terdiri dari tiga periode waktu. Periode pertama meliputi tahun 1996, 1997, dan 1998. Periode kedua meliputi tahun 2005, 2006, dan 2007. Serta periode ketiga meliputi tahun 2014, 2015 dan 2016. Tahun pertama dan tahun terakhir setiap periode digunakan untuk klasifikasi tutupan lahan dan penggunaan lahan. Sedangkan tahun kedua di tiap periode digunakan untuk proses klasifikasi area terbakar.

TINJAUAN PUSTAKA

Kebakaran Lahan Gambut

Kebakaran lahan gambut adalah kebakaran permukaan yang diawali dengan api membakar material yang terdapat di permukaan lahan seperti serasah dan semak. Selanjutnya api membakar bahan organik di bawah permukaan gambut dan menyebar secara tidak merata. Pada kebakaran lahan gambut, hanya muncul asap berwarna putih saja yang timbul di permukaan. Hal ini dikarenakan api menjalar secara vertikal dan horizontal membentuk kumpulan asap pembakaran yang tidak menyala (Risma 2018). Ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya kebakaran hutan. Faktor penyebab kebakaran hutan meliputi pembukaan lahan baru dengan membakar, pembakaran limbah perkebunan yang tidak terkendali, konflik lahan serta kelalaian manusia yang menimbulkan percikan api (Muslim *et al.* 2017)

Deforestasi

Deforestasi adalah perubahan bentuk penggunaan lahan lain secara permanen seperti pertanian, peternakan dan perkotaan (Chakravarty *et al.* 2012). Namun menurut FAO, alih fungsi lahan menjadi hutan produksi yang menjadikan kayu sebagai hasil keluarannya bukan termasuk ke dalam deforestasi. Alih fungsi lahan menjadi hutan produksi selain yang menghasilkan kayu tergolong dalam deforestasi. Terdapat dua tipe penyebab deforestasi yaitu, langsung dan tidak langsung. Penyebab deforestasi langsung diantaranya kebakaran hutan, pembalakan hutan, dan urbanisasi. Penyebab deforestasi tidak langsung adalah jumlah penduduk berlebih, kemiskinan serta sistem transmigrasi dan kolonialisasi. Deforestasi berdampak pada perubahan iklim, hilangnya sumberdaya air dan unsur hara tanah, dan hilangnya biodiversitas (Chakravarty *et al.* 2012).

Penelitian terkait deforestasi hutan telah dilakukan oleh Afandi (2014) dan Sofiana (2018). Kedua penelitian itu memanfaatkan data citra satelit Landsat 8 untuk mengestimasi luas hutan yang mengalami deforestasi dengan membandingkan citra muka bumi di periode waktu tertentu. Pada penelitian Afandi (2014) berfokus pada perubahan tutupan lahan hutan di Pulau Jawa menjadi hal lain seperti pemukiman dan perkebunan. Data yang digunakan pada penelitian Afandi (2014) adalah data citra satelit MODIS EVI periode tahun 2000 hingga 2012. Sedangkan pada penelitian Sofiana (2018) berfokus pada deforestasi lahan gambut akibat kebakaran di Provinsi Riau periode 2014 hingga 2016. Hasil dari penelitian Sofiana (2018) menunjukkan pada tahun 2015, Seluas 18949.1 ha wilayah gambut hilang akibat kebakaran hutan dan lahan di Rokan Hilir, Riau. Dari angka tersebut, seluas 12622.4 ha wilayah gambut yang hilang akibat kebakaran hutan dan lahan berubah fungsi. Deforestasi lahan tersebut ditandai dengan perubahan lahan gambut yang terbakar menjadi kebun, lahan terbuka, urban dan sawah.

Kebakaran hutan adalah situasi saat hutan dilanda api yang mengakibatkan kerusakan hutan dan hasil hutan yang menimbulkan kerugian baik dari segi ekonomi dan lingkungan (Rasyid 2014). Salah satu penyebab terjadinya kebakaran hutan dan lahan adalah pembukaan lahan dengan cara membakar (Darmawan *et al.* 2016). Kebakaran hutan dan lahan banyak menimbulkan kerugian baik bagi manusia dan lingkungan di sekitarnya. Pada tahun 2012, kebakaran hutan di Provinsi Riau melepaskan emisi karbon sebesar 1.5 miliar hingga 2 miliar ton dalam waktu satu minggu atau dengan kata lain nilai ini mencapai 10% dari total emisi gas karbon yang dihasilkan oleh Indonesia pada tahun 2012 (Purnomo 2012). Selain pencemaran udara, kebakaran hutan dan lahan dapat menyebabkan degradasi lahan. Pembakaran mempercepat proses subsidensi gambut dan degradasi lahan. Di sisi lain, kecepatan pembentukan lahan gambut hanya 3 mm/tahun untuk hutan primer (Andriesse 1988).

Land Use Land Cover (LULC)

Penggunaan lahan dan tutupan lahan adalah dua elemen penting dalam menggambarkan keadaan lingkungan di atas permukaan bumi. Analisis perubahan tutupan lahan dan penggunaan lahan dapat digunakan untuk melihat perubahan penggunaan lahan yang terjadi. Tutupan lahan adalah tutupan biofisik yang dapat diamati pada permukaan bumi. Dalam hal ini, tutupan lahan dapat berupa penampakan alami bumi, seperti badan air dan hutan. Tutupan lahan tidak sebatas hanya vegetasi organik. Struktur yang dikembangkan oleh manusia juga dapat dikategorikan kedalam tutupan lahan. Contohnya adalah jalan raya dan perkebunan. Sedangkan penggunaan lahan adalah cara suatu lahan dikelola dan digunakan oleh manusia (Giri dan Weng 2012). Pola yang terbentuk pada penggunaan lahan merupakan hasil dari interaksi antara manusia dan alam dalam jangka waktu yang panjang. Singkatnya tutupan lahan dapat dikatakan sebagai bukti terlihat dari hasil penggunaan lahan.

Citra Landsat 8

Citra adalah fungsi dua dimensi yang dilambangkan dengan $f(x,y)$ dimana x dan y merepresentasikan koordinat spasial serta f merepresentasikan tingkat intensitas dan level keabuan dari sebuah pasangan x dan y (Gonzales *et al.* 2009). Citra digital adalah citra yang semua f dari pasangan x dan y memiliki nilai yang diskret dan terhingga. Citra digital dibangun dari sejumlah terhingga elemen yang memiliki informasi lokasi dan nilai yang biasa disebut *pixel*.

Landsat 8 merupakan satelit kedelapan yang diluncurkan dalam program *Landsat Data Continuity Mission*. Satelit ini diluncurkan pada tanggal 11 Februari tahun 2011. Landsat 8 memiliki 11 buah *band* yang dapat dilihat pada Tabel 1. Landsat 8 memiliki dua buah sensor utama yaitu *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS). OLI dapat menangkap tutupan bumi seluas 185 000 meter persegi dalam resolusi 15 sampai dengan 30 meter menggunakan sembilan buah *spectral band* pada beberapa panjang gelombang. TIRS berguna dalam pengambilan data badan air untuk pengelolaan konsumsi air.

Tabel 1 Karakteristik Data Titik Panas BNPB

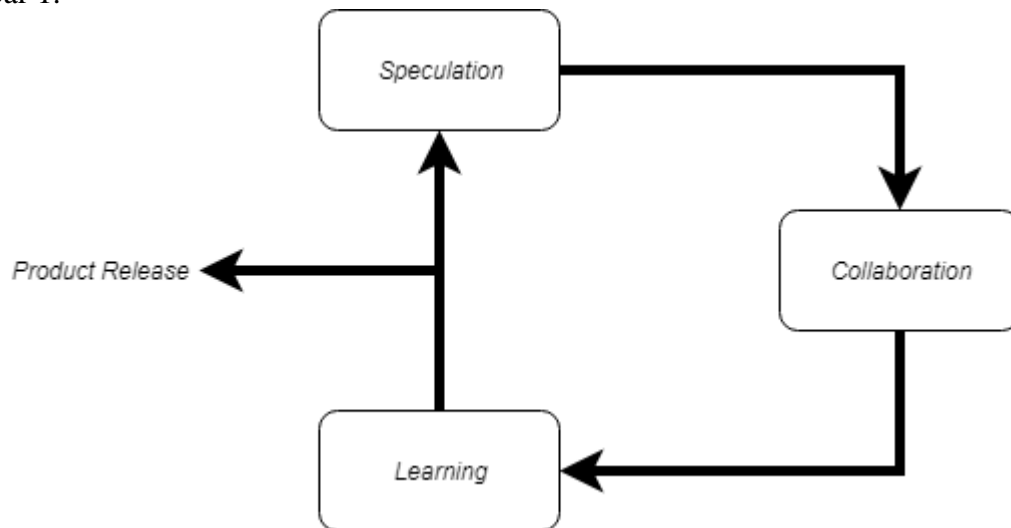
No	Tipe <i>Band</i>	Resolusi (m)	Spektral (μm)
1	Band 1 Coastal	30	0.43 - 0.45
2	Band 2 Blue	30	0.45 - 0.51
3	Band 3 Green	30	0.53 - 0.59
4	Band 4 Red	30	0.63 - 0.67
5	Band 5 NIR	30	0.85 - 0.88
6	Band 6 SWIR 1	30	1.57 - 1.65
7	Band 7 SWIR 2	30	2.11 - 2.29
8	Band 8 Pan	15	0.50 - 0.68
9	Band 9 Cirrus	30	1.36 - 1.38
10	Band 10 TIRS 1	30	10.6 - 11.19
11	Band 11 TIRS 2	30	11.5 - 12.51

Framework Shiny

Kerangka kerja Shiny merupakan salah satu *package* yang tersedia di bahasa pemrograman R. Kerangka kerja ini memungkinkan pengguna untuk mengembangkan aplikasi *web* yang interaktif. Selain itu, kerangka kerja ini dapat dipadukan dengan teknologi CSS, *widgets* HTML dan JavaScript. Sehingga tampilan *web* yang dihasilkan semakin interaktif dan indah. Pada *framework* ini, terdapat dua bagian yang memiliki fungsi yang berbeda. Bagian antarmuka atau *User Interface* (UI) berperan dalam pengaturan tampilan dari *web*. Sedangkan bagian server berperan dalam perhitungan logika dan aritmatika dalam bentuk fungsi (Chang *et al.* 2015). Penelitian yang mengembangkan aplikasi *web* menggunakan *framework* Shiny sudah dilakukan oleh Sari (2018) dan Tyas (2018). Penelitian yang dilakukan oleh Sari (2018) adalah menambahkan fitur visualisasi data emisi polutan pada aplikasi *spatio-temporal clustering* untuk *trajectory* kabut asap dari kebakaran lahan gambut serta analisis konsentrasi polutan berupa CO dan CO₂. Penelitian Sari (2018) menggunakan model HYSPLIT untuk trayektori kabut asap dan *package* Openair digunakan untuk visualisasi data emisi polutan GFAS. Sedangkan penelitian Tyas (2018) adalah pengembangan modul visualisasi kabut asap menggunakan data sekuens titik panas tiga digit desimal. Aplikasi ini melakukan simulasi *trajectory* titik panas dengan data input berupa sekuens titik panas. Hasil dari simulasi ini dapat digunakan untuk memetakan daerah terdampak kabut asap serta kadar konsentrasi polutan yang terdapat di dalam kabut asap tersebut.

Adaptive Software Development (ASD)

Adaptive Software Development (ASD) sebagai teknik pengembangan sistem dan perangkat lunak yang kompleks pertama kali diperkenalkan oleh Jim Highsmith. Pengembangan sistem dengan metode ini berfokus pada kolaborasi antar individu dan organisasi tim (Pressman 2010). Metode ini terbagi menjadi tiga buah tahapan yaitu, *Speculation*, *Collaboration*, dan *learning*. Bagan tahapan metode ASD dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Tahapan pada metode ASD (Pressman 2010)

1. *Speculation*

Pada tahap ini, perencanaan *adaptive cycle* dibuat. Informasi yang tersedia digunakan untuk perencanaan. Informasi tersebut meliputi tujuan pengguna yang ingin dicapai, batasan-batasan proyek, dan kebutuhan-kebutuhan dasar sistem. Pada penerapannya, rencana yang dibangun akan selalu berubah. Berdasarkan hasil dari iterasi pertama, rencana awal akan ditinjau dan disesuaikan agar rencana tersebut bekerja lebih baik pada iterasi berikutnya.

2. *Collaboration*

Setiap metode *agile* melibatkan proses kolaborasi. Tahap Kolaborasi merupakan fase implementasi dari perencanaan yang telah dilakukan pada tahap *speculation*. Kolaborasi dapat meningkatkan kemampuan tim secara keseluruhan dan kreativitas keluaran yang dihasilkan. Proses kolaborasi melibatkan komunikasi dan kerjasama tim agar tujuan yang direncanakan tercapai. Selain itu, kreativitas setiap individu pada tim dan sikap percaya pada orang lain menentukan keberhasilan kolaborasi yang dilakukan.

3. *Learning*

Tahapan *learning* membantu pengembang dalam memahami teknologi yang dipakai dan proyek yang sedang dikerjakan. Tahapan ini berlangsung seiring anggota tim mengembangkan komponen – komponen proyek. Terdapat tiga cara tahapan *learning* yang dapat diimplementasikan oleh tim yaitu, *focus groups*, *technical review*, dan *project postmortems*.

METODE

Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data citra satelit Landsat 8 Provinsi Riau. Terdapat tiga buah citra yang digunakan yang diambil tiap tahunnya dalam periode

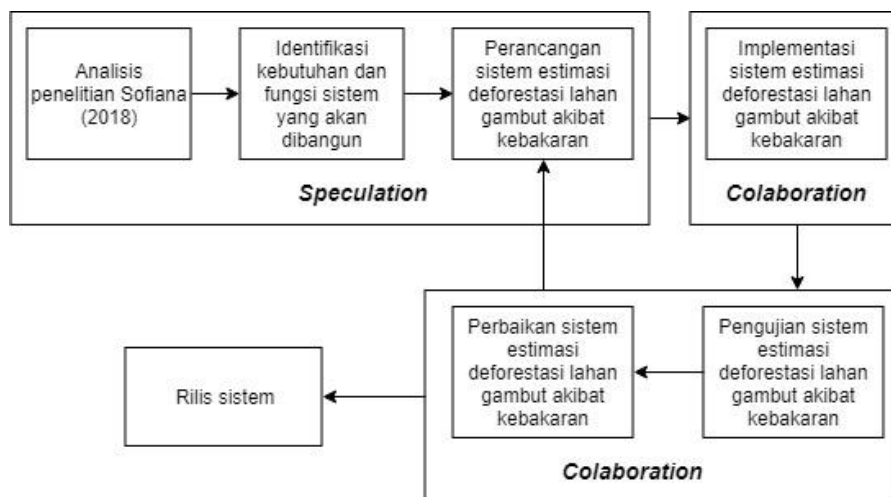
tahun 2014 hingga 2016. Selain itu, data titik panas pada tahun 2015 di lokasi yang sama digunakan untuk melihat sebaran titik panas yang terjadi di Riau. Atribut *dataset* titik panas dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Atribut *dataset* titik panas

No	Nama atribut	Keterangan
1	<i>Latitude</i>	Koordinat lintang lokasi titik panas (°)
2	<i>Longitude</i>	Koordinat bujur lokasi titik panas (°)
3	<i>Brightness Temperature</i>	Temperatur kanal-21 atau kanal-22 (K)
4	<i>Scan</i>	Ukuran lebar <i>pixel</i> citra satelit
5	<i>Track</i>	Ukuran panjang <i>pixel</i> citra satelit
6	<i>Acq_date</i>	Tanggal kejadian titik panas
8	<i>Satelite</i>	Waktu kejadian titik panas
9	<i>Confidence</i>	Kualitas titik panas (%)
10	<i>Version</i>	5.0 = MODIS NASA-LANCE 5.2 = MODIS MODAPS-FIRMS
11	<i>Bright_t31</i>	Temperatur untuk kanal-31 (K)
12	<i>Frp</i>	Kekuatan radiatif api (Mega Watts)

Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan salah satu metode pengembangan sistem *agile* yaitu *Adaptive Software Development* (ASD). Sesuai dengan metode pengembangan ASD, pada pengembangan sistem ini memiliki tiga buah fase yaitu fase *speculation*, fase *collaboration*, dan fase *learning*. Fase *speculation* meliputi analisis penelitian Sofiana (2018), analisis fitur dan fungsi aplikasi berbasis web untuk melakukan estimasi deforestasi lahan gambut akibat kebakaran serta batasannya. Pada fase *collaboration*, sistem mulai dirancang dan dikembangkan sesuai dengan hasil analisis dari fase sebelumnya. Selanjutnya pengujian dan perbaikan terhadap sistem akan dilakukan pada fase *learning*. Proses ini akan dilakukan sebanyak beberapa iterasi hingga didapatkan sistem yang dapat memecahkan masalah estimasi deforestasi lahan gambut akibat kebakaran. Tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Tahapan penelitian

1. Fase *Speculation*

Analisis terhadap sistem yang akan dikembangkan dilakukan pada fase *speculation*. Pengembangan sistem ini diawali dengan menganalisis hasil penelitian Sofiana (2018). Proses analisis dilakukan dengan memahami data masukan, proses perhitungan yang dilakukan dan hasil dari penelitian Sofiana (2018). Setelah itu, identifikasi kebutuhan dan fungsi sistem sesuai hasil analisis terhadap penelitian Sofiana (2018). Setelah kebutuhan sistem teridentifikasi, selanjutnya melakukan tahapan perencanaan sistem. Tahapan perencanaan meliputi menetapkan batasan sistem yang akan dikembangkan, estimasi jangka waktu pengerjaan sistem serta jumlah iterasi yang dikerjakan.

2. Fase *Collaboration*

Implementasi fitur yang sudah teridentifikasi pada tahap sebelumnya dilakukan pada tahap ini. Setiap fitur dipecah ke dalam bagian-bagian guna memudahkan proses pengembangan. Setiap fitur diperjelas kembali ke dalam entitas, relasi dan atribut yang direpresentasikan dalam sebuah *class diagram*. *Class diagram* akan menjadi acuan dalam pengembangan sistem agar terarah dan memenuhi kebutuhan sistem.

3. Fase *Learning*

Pengujian dan perbaikan terhadap sistem dilakukan pada tahap ini. Pengujian dilakukan ke setiap fitur yang telah dikerjakan selama satu iterasi. Pengujian ini bertujuan untuk melihat bahwa sistem dapat bekerja sesuai dengan kebutuhan sistem yang telah diidentifikasi. Pengujian dilakukan dengan metode *blackbox testing* yang melihat keluran sistem terhadap masukan tertentu.

Lingkungan Pengembangan

Spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perangkat keras berupa komputer dengan spesifikasi:
 - Intel® Core™ i7-7850H CPU 2.90 Ghz
 - RAM 8 GB
 - Solid State Disk 250 GB
2. Perangkat lunak yang digunakan:
 - Sistem Operasi Windows 10 64-bit
 - Bahasa pemrograman R 3.51
 - RStudio 1.1 dengan *framework* Shiny untuk membangun aplikasi

JADWAL PENELITIAN

Penelitian ini akan dilaksanakan mulai bulan Januari sampai dengan bulan Juni tahun 2019. Jadwal penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Jadwal penelitian

No	Kegiatan	Tahun 2019					
		Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni
1	Kolokium	■					
2	Fase <i>Speculation</i> (iterasi satu)	■					
3	Fase <i>Collaboration</i> (iterasi satu)		■				
4	Fase <i>Learning</i> (iterasi satu)			■			

No	Kegiatan	Tahun 2019					
		Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni
5	Fase <i>Speculation</i> (iterasi dua)			■			
6	Fase <i>Collaboration</i> (iterasi dua)			■			
7	Fase <i>Speculation</i> (iterasi dua)				■		
8	Penulisan draft seminar		■	■	■		
9	Seminar hasil				■		
10	Siding				■		
11	Revisi skripsi					■	
12	Penyelesaian surat keterangan lulus						■

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi SD. 2014. Pemanfaatan Citra Satelit Untuk Identifikasi Tingkat Perubahan Tutupan Lahan dengan Menggunakan Metode Fuzzy C-Means[skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Chakravarty S, Ghosh SK, Suresh CP, Dey AN, Shukla G. 2012. Deforestation: Cause, Effect, and Control Strategies. Di dalam Okia CA, editor. *Global Perspective on Sustainable Forest Management*. Rijeka (CU): InTech. hlm 3-28
- Chang W, Cheng J, Allaire JJ, Xie Y, McPherson J. 2015. Package ‘shiny’ [Internet]. [diunduh 2018 November 28]. Tersedia pada: <https://cran.r-project.org/web/packages/shiny/shiny.pdf>.
- [BNPB] Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2014. Karhutla Riau Ini Pembakaran Bukan Kebakaran. Jakarta (ID): Pusdalop BNPB.
- Darmawan B, Siregar YI, Sukendi, Zahrah S. 2016. Pengelolaan Berkelanjutan Ekosistem Hutan Rawa Gambut Terhadap Kebakaran Hutan dan Lahan di Semenanjung Kampar Sumatera. Di dalam: *Jurnal Manusia dan Lingkungan* Vol. 23, No. 2, (2016) Riau (ID): Universitas Riau.
- Giri C, Weng Q. 2012. Remote Sensing of Land Use and Land Cover. *CRC Press*. hlm 11.
- Gonzales RC, Woods RE, Eddins SL. 2009. *Digital Image Processing Using MATLAB*. Tennessee (US): Gatesmark Publishing.
- [INCAS] Indonesia Nasional Carbon Accounting System. 2015. Data Nasional Kehutanan [Internet]. [diunduh 2018 Nov 10]. Tersedia pada: <http://www.incas-indonesia.org/id/data/national-data>.
- Muslim TW, Yoza D, Oktorini Y. 2017. Identifikasi Faktor-Faktor Penyebab dan Pencegahan Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut di Kecamatan Kempas Kabupaten Indragilir Hilir. Di dalam: *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian* Vol. 4, No. 2, (2017) Riau (ID): Universitas Riau.
- Noor YR, Heyde J. 2007, Pengelolaan Lahan Gambut Berbasis Masyarakat di Indonesia. *Wetlands international*. hlm 1.
- Pinem T. 2016. Kebijakan Hutan dan Lahan Gambut Kajian Teologi Ekofeminisme. *Gema Teologika*. 1(2)139-166.doi: 10.21460/gema.2016.12.219
- Pressman RS. 2010. *Software Engineering: A Practitioners Approach*, Seventh Edition. New York (US): McGraw-Hill.
- Purnomo H, Shantiko B, Gunawan H, Sitorus S, Salim MA, Achdiawan R. 2015. *Ekonomi Politik Kebakaran Hutan dan Lahan: Sebuah Pendekatan Analitis*.

- Rasyid F. 2014. Permasalahan dan Dampak Kebakaran Hutan. Di dalam: Jurnal Lingkungan Widyaiswara Vol. 1, No. 4, (2014) Banten: Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Septianingrum SR. 2018. Dampak Kebakaran Hutan di Indonesia Tahun 2015 dalam Kehidupan Masyarakat. Jogjakarta (ID): Universitas Gajah Mada.
- Sofiana DA. 2018. Esitmasi Deforestasi Lahan Gambut Akibat Kebakaran di Kabupaten Rokan Hilir Provinsi Riau Menggunakan Pendekatan Spatial Data Mining[tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sumargo W, Nanggara SG, Nainggolan FA, Apriani I. 2011. Potret Keadaan Hutan Indonesia, Periode Tahun 2000–2009. Bogor (ID): Forest Watch Indonesia.
- [USGS] United State Geological Survey. 2018. Landsat 8 [Internet]. [diunduh 2018 Nov 18]. Tersedia pada: <https://landsat.usgs.gov/landsat-8>.
- Wibisono ITC, Siboro L. 2005. Panduan Rehabilitasi dan Teknik Silvikultur di Lahan Gambut. *Wetlands international*.